ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00816v1

饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡生长性能和免疫功能的影响[1]

葛春雨[1,2] 李军国[1,3] 段海涛[1,2] 杨 洁[1,3] 韩 晴[1,3] 张嘉琦[1,3] 秦玉昌[4*]

（1.中国农业科学院饲料研究所，北京 100081；2.农业部食物与营养发展研究所，北京 100081；3.农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081；4.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京 100193）

摘 要：本试验旨在研究饲料不同加工工艺对复合微生态制剂菌种存活率和饲料颗粒质量的影响，并探索饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡生长性能和免疫功能的影响。试验选用864只1日龄白羽爱拔益加（AA）肉仔鸡，按照性别比例一致原则随机分为8组，每组6个重复，每个重复18只鸡，进行为期42 d的饲养试验。肉鸡饲粮加工采用普通调质制粒（OT）和大料高温调质低温制粒（ET）2种加工工艺，每种加工工艺按金霉素和复合微生态制剂的添加量不同设4个处理，金霉素和复合微生态制剂的添加量分别为0和0 mg/kg（0/0组）、600和0 mg/kg（600/0组）、300和200 mg/kg（300/200组）以及0和200 mg/kg（0/200组）。结果表明：1）在颗粒饲料加工质量方面，ET工艺对肉鸡饲粮中复合微生态制剂菌种存活率与饲料颗粒质量的影响效果显著优于OT工艺（$P<0.05$）。2)在肉鸡生长性能方面，在OT工艺条件下，金霉素和复合微生态制剂的添加量对肉鸡生长性能影响不显著（$P>0.05$）；在ET工艺条件下，0/0组肉鸡生长前期末重与平均日增重显著高于300/200组和0/200组（$P<0.05$）；不考虑金霉素和复合微生态制剂添加量，OT组肉鸡生长性能显著高于ET组（$P<0.05$）。3）在肉鸡免疫功能方面，各组肉鸡免疫器官指数和肠道微生物数量差异不显著（$P>0.05$）。4）在肉鸡血浆生化指标方面，在同一工艺条件下，金霉素和复合微生态制剂的添加量对血浆生化指标的影响差异不显著（$P>0.05$）；不考虑金霉素和复合微生态制剂添加量，2种加工工艺对肉鸡血浆生化指标影响差异不显著（$P>0.05$）。结果提示：ET工艺与OT工艺相比显著提高了饲料中枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌和包被乳酸菌的存活率，显著提高了颗粒饲料的淀粉糊化度；ET工艺与OT工艺相比，肉鸡生长性能有所降低，饲料淀粉糊化度升高不能使生长性能有所提升；相同加工工艺条件下，金霉素和复合微生态制

收稿日期：2018-03-05

基金项目：北京市家禽产业创新团队项目（BAIC04-2018）；国家重点研发计划项目“畜禽养殖绿色安全饲料饲养新技术研发（2018YFD0000000）”

作者简介：葛春雨（1994—），女，内蒙古呼伦贝尔人，硕士研究生，从事饲料加工与动物营养研究。E-mail: gechunyucaas@163.com

*通信作者：秦玉昌，研究员，博士生导师，E-mail: qinyuchang@caas.cn

剂的添加量对肉鸡生长性能、免疫器官指数、肠道微生物数量以及血浆生化指标的影响差异不显著。

关键词：复合微生态制剂；肉鸡；生长性能；免疫功能；血浆生化指标

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

在饲料中添加抗生素可促进畜禽生长，提高饲料转化率以及预防和治疗疾病，但抗生素的长期大量使用会造成有害菌的耐药性及畜产品药物的残留，食用药物残留的畜产品会使人产生过敏反应、中毒等危害，损害人类健康[1]。目前微生态制剂作为抗生素的替代品，被广泛使用。谢全喜等[2]研究发现饲喂添加 2%的微生态试剂组肉鸡生长性能显著高于对照组与抗生素组；肉鸡 17 日龄和 24 日龄时，饲喂添加 2%的微生态试剂组肉鸡血清免疫球蛋白 G 含量分别比抗生素组增加 24.3%和 16.2%，且差异显著。胡顺珍等[3]研究表明，饲喂微生态试剂组肉鸡盲肠中大肠杆菌与乳酸菌数量显著高于对照组。Newbold 等[4]报道微生态制剂能够改善动物的肠道有益菌群，抑制有害菌生长，从而促进动物生长发育，提高饲料利用率，同时还克服了药残留和耐药性的缺点。但在饲料加工过程中微生态试剂也存在损耗较大的问题。王超[5]研究微生态制剂在没有添加保护剂等保护措施下，制粒工艺中调质时间极显著影响了微生态制剂中乳酸菌、酵母菌和芽胞杆菌活菌数量。李鑫等[6]研究在饲料制粒后，芽孢杆菌的存活率较高，乳酸菌则比较脆弱，不能抵抗制粒时的温度和压力等加工条件。以上研究是针对饲料加工后微生态制剂的损失情况或者对微生态制剂对肉鸡生长性能等指标的研究，而针对有关饲料加工工艺对微生态制剂损失的影响及其对肉鸡生长性能和免疫功能的影响研究较少。因此，本试验通过研究普通调质制粒（OT）工艺和大料高温调质低温制粒（ET）工艺对复合微生态制剂活性及饲料质量的影响，以及不同加工工艺和复合微生态制剂替代抗生素对肉鸡的生长性能和免疫功能等的影响，为微生态制剂在肉鸡饲料中的应用及加工工艺的选择提供参考依据。

1.　材料与方法

1.1　试验饲粮

试验基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diets （air-dry basis）　　%

项目 Items	1～21日龄 1 to 21 days	22～42日龄 22 to

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00816v1

	of age	42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	60.50	57.80
豆粕 Soybean meal	33.00	30.00
干酒糟及其可溶物 DDGS	0.00	5.00
膨润土 Bentonite	1.40	0.43
豆油 Soybean oil	2.00	3.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.35	1.10
石粉 Limestone	0.50	1.03
食盐 NaCl	0.25	0.28
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.17	0.15
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys·HCl	0.34	0.27
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.09	0.07
耐高温植酸酶 Thermostable phytase	0.02	0.02
矿物质预混料 Mineral premix1)	0.20	0.20
维生素预混料 Vitamin premix2)	0.03	0.03
氯化胆碱 Choline chloride （50%）	0.15	0.12
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels3)		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.09	12.52
粗蛋白质 CP	21.21	19.67
钙 Ca	0.856	0.68
总磷 TP	0.67	0.61
有效磷 AP	0.43	0.38
赖氨酸 Lys	1.37	1.16
蛋氨酸 Met	0.48	0.45
半胱氨酸 Cys	0.34	0.31
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.82	0.76

[1)]矿物质预混料为1~21日龄每千克饲粮提供 The mineral premix provided the following per kg of the diet for 1 to 21 days of age： Fe (as ferrous sulfate) 100 mg,Cu (as copper sulfate) 8.0 mg,Zn (as zinc sulfate) 100 mg,Mn (as manganese sulfate) 120 mg,I (as potassium iodide) 0.7 mg,Se (as sodium selenite) 0.3 mg。矿物质预混料为22~42日龄每千克饲粮提供 The mineral premix provided the following per kg of the diet for 22 to 42 days of age：Fe (as ferrous sulfate) 80 mg,Cu (as copper sulfate) 8.0 mg,Zn (as zinc sulfate) 80 mg,Mn (as manganese sulfate) 100 mg,I (as potassium iodide) 0.7 mg,Se (as sodium selenite) 0.3 mg。

[2)]维生素预混料为1~21日龄每千克饲料提供 The vitamin premix provided the following per kg of the diet for 1 to 21 days of age：VA 10 000 IU，VD_3 1 000 IU，VE 20 IU，VK_3 0.5 mg，VB_1 2.0 mg，VB_2 8.0 mg，泛酸 pantothenic acid 10.0 mg，烟酸 niacin 35.0 mg，VB_6 3.5 mg，生物素 biotin 0.05 mg，叶酸 folic acid 0.55 mg，VB_{12} 0.01 mg。维生素预混料为22~42日龄每千克饲粮提供 The vitamin premix provided the following per kg of the diet for 22 to 42 days of age：VA 8 000 IU，VD_3 750 IU，VE 15 IU，VK_3 0.5 mg，VB_1 2.0 mg，VB_2 5.0 mg，泛酸 pantothenic acid 10.0 mg，烟酸 niacin 30. 0 mg，VB_6 3.5mg，生物素 biotin 0.05 mg，叶酸 folic acid 0.55 mg，VB_{12} 0.01 mg。

[3)]粗蛋白质为实测值，其他为计算值。CP was a measured value, while the others were calculated values.

1.2 试验设计

试验饲粮加工采用OT和ET 2种加工工艺，每种加工工艺在试验基础饲粮中设置4种金霉素和复合微生态制剂的不同添加量，共8个组，试验分组见表2。复合微生态制剂含枯草芽孢杆菌10.41 lg（CFU/g）、地衣芽孢杆菌10.26 lg（CFU/g）以及包被乳酸菌9.77 lg（CFU/g）。

表2 试验分组

Table 2 Experimental groups

组别 Groups	加工工艺 Processing technology	金霉素添加量 Aureomycin addition/（mg/kg）	复合微生态制剂添加量 Compound probiotics addition/（mg/kg）
1	普通调质制粒	0	0
2	普通调质制粒	600	0
3	普通调质制粒	300	200
4	普通调质制粒	0	200

chinaXiv:201812.00816v1

5	大料高温调质低温制粒	0	0
6	大料高温调质低温制粒	600	0
7	大料高温调质低温制粒	300	200
8	大料高温调质低温制粒	0	200

OT 工艺将所有原料粉碎配料混合后调质制粒，前期料粉碎采用 2.0 mm 筛片孔径，后期料粉碎采用 2.5 mm 筛片孔径，制粒机环模模孔直径 3 mm、长径比 10：1，调质温度 75 ℃，调质时间约为 30 s；ET 工艺先将饲粮中的大料粉碎配料混合（粉碎粒度同 OT 工艺），再在 85 ℃调质温度下进行熟化处理，经冷却后与预混料、微生态制剂等二次配料混合调质时间约为 30 s，再经 60 ℃调质温度下制粒成型，调质时间约为 30 s。

1.3　试验动物与饲养管理

养殖试验在中国农业科学院南口养殖基地进行，选用 864 只 1 日龄白羽爱拔益加（AA）肉仔鸡，初始体重为（48.00±0.05） g，按照性别比例一致原则随机分为 8 组，每组 6 个重复，每个重复 18 只鸡，进行为期 42 d 的饲养试验，分为前期（1~21 日龄）和后期（22~42 日龄）2 个阶段，前期饲喂破碎料，后期饲喂颗粒料。

饲养管理参照 AA 肉仔鸡的饲养管理手册进行，试验期间做好光照、温度的控制，保持良好的通风，定期消毒、清粪和打扫鸡舍，按照免疫程序做好疫苗的免疫，观察鸡只的状况，做好死淘记录，自由采食自由饮水，做好饲料采食记录。

1.4　指标测定

1.4.1　菌落总数与菌种存活率

枯草芽孢杆菌检测采用 GB/T 26428—2010《饲用微生物制剂中枯草芽孢杆菌的检测》；地衣芽孢杆菌检测采用 NY/T 1461—2007《饲料微生物添加剂地衣芽孢杆菌》；包被乳酸菌检测采用破囊液溶解，后以生理盐水为稀释剂做 10 倍递增稀释，取适宜梯度稀释液涂于灭菌后的琼脂平板中，待 37 ºC、48 h 温育，计数。

菌种存活率（%）=100×调质后活菌数或制粒后活菌数/调质前活菌数或制粒前活菌数

1.4.2　颗粒硬度

样品颗粒硬度的测定参照《饲料检验化验员》[7]中颗粒饲料硬度的测定方法检测。

1.4.3　颗粒耐久性（PDI）

PDI 检测采用美国农业工程协会标准方法[8]。

chinaXiv:201812.00816v1

1.4.4 淀粉糊化度

淀粉糊化度检测采用美国饲料工业界普遍采用的测定淀粉糊化度的简易酶法测定[9]。

1.4.5 生长性能

分别于试验第 21 天与第 42 天结束前 1 天晚上开始控料，自由饮水，使试验鸡空腹 24 h，于第 21 天与第 42 天末早上逐只称重，以重复为单位计算各组试验鸡的平均体重。准确记录每天耗料量，出现死鸡时截料称重，计算各阶段总耗料量。

平均日采食量(ADFI)=总耗料量/(只数×天数);

平均日增重(ADG) =总增重/(只数×天数);

料重比(F/G)=总耗料量/总增重。

1.4.6 免疫器官指数

于 42 日龄每个重复随机选取 1 只肉鸡，颈静脉放血处死，摘取脾脏和法氏囊，剔除脂肪后称鲜重，计算脾脏指数和法氏囊指数。

免疫器官指数(mg/g)=免疫器官重（mg）/活体重（g）。

1.4.7 盲肠微生物数量

于 42 日龄每个重复随机选取 1 只肉鸡，颈静脉放血处死，无菌分离盲肠，取其内容物，采用平板培养计数法分别计数肠道乳酸菌、沙门氏菌和大肠杆菌数。菌群数量以每克肠道内容物所含细菌群落总数的对数[1g(CFU/g)]表示。

1.4.8 血浆生化指标

于 42 日龄每个重复随机选取 1 只肉鸡，颈静脉放血处死，分别取血样于促凝管中，离心，取血浆，采用试剂盒测定血浆尿素氮、总蛋白、白蛋白、免疫球蛋白含量以及谷丙转氨酶、谷草转氨酶、碱性磷酸酶活性等生化指标，试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.5 数据处理

试验数据以平均值±标准差形式表示。所有数据用软件 SAS 9.2 进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和复因子试验统计分析，用 Duncan 氏法多重比较检验差异的显著性，显著水平为 P<0.05，极显著水平为 P<0.01。

2 结果与分析

2.1 饲料加工工艺对微生态制剂活性的影响

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

饲料加工工艺对微生态制剂活性的影响见表3。由表可知，肉鸡生长前期饲料调质后枯草芽孢杆菌与包被乳酸菌的菌落总数和存活率ET工艺显著高于OT工艺（$P<0.05$），地衣芽孢杆菌的菌落总数和存活率2种工艺间差异不显著（$P>0.05$）；肉鸡生长前期饲料制粒后枯草芽孢杆菌与地衣芽孢杆菌的菌落总数和存活率ET工艺显著高于OT工艺（$P<0.05$），包被乳酸菌的菌落总数和存活率2种工艺间差异不显著（$P>0.05$）。肉鸡生长后期饲料调质后包被乳酸菌的菌落总数和存活率ET工艺显著高于OT工艺（$P<0.05$），枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌的菌落总数和存活率2种工艺间差异不显著（$P>0.05$）；肉鸡生长后期饲料制粒后包被乳酸菌的菌落总数和存活率ET工艺显著高于OT工艺（$P<0.05$），枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌的菌落总数和存活率2种工艺间差异不显著（$P>0.05$）。

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00816v1

表 3　饲料加工工艺对微生态制剂活性的影响

Table 3　Effects of feed processing technology on microbial viability of probiotics

项目 Items	调质前 Before conditioning	调质后 After conditioning				制粒后 After pelleting			
		普通调质制粒 OT		大料高温调质低温制粒 ET		普通调质制粒 OT		大料高温调质低温制粒 ET	
		菌落总数 Total bacterial count /[lg(CFU/g)]	存活率 Survival rate/%	菌落总数 Total bacterial count /[lg(CFU/g)]	存活率 Survival rate/%	菌落总数 Total bacterial count /[lg(CFU/g)]	存活率 Survival rate/%	菌落总数 Total bacterial count /[lg(CFU/g)]	存活率 Survival rate/%
前期 Earlier period									
枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*	6.72±0.46	6.12±0.07^{A}	91.0±0.61^{A}	6.47±0.04^{B}	96.36±0.61^{B}	6.15±0.10^{a}	91.58±1.42^{a}	6.38±0.09^{b}	95.03±1.31^{b}
地衣芽孢杆菌 *Bacillus licheniformis*	6.77±0.22	6.37±0.04	94.08±0.58	6.46±0.06	95.45±0.87	6.13±0.11^{a}	90.60±1.68^{a}	6.40±0.07^{b}	94.46±1.01^{b}
包被乳酸菌 Coated lactic acid bacteria	5.21±0.46	3.82±0.21^{A}	73.31±4.00^{A}	4.53±0.35^{B}	86.93±2.89^{B}	4.03±0.38	74.93±2.85	4.11±0.16	78.85±2.91
后期 Later period									
枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*	6.88±6.49	6.50±0.03	94.48±0.48	6.58±0.07	95.46±0.95	6.35±0.06	92.42±0.84	6.46±0.25	93.89±3.61

地衣芽孢杆菌 *Bacillus licheniformis*	6.89±0.33	6.31±0.08	91.57±0.95	6.51±0.03	94.43±0.40	6.30±0.12	91.47±1.78	6.46±0.09	93.79±1.25
包被乳酸菌 Coated lactic acid bacteria	4.86±0.25	3.93±0.09^{A}	81.04±1.85^{A}	4.62±0.08^{B}	95.02±1.71^{B}	3.76±0.04^{a}	77.43±0.82^{a}	4.04±0.06^{b}	83.16±1.16^{b}

大小写字母区分 2 组数据差异性，同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著(*P*>0.05)，不同字母表示差异显著(*P*<0.05)。表 4 同。

Distinguish between two sets of data differences were between uppercase and lowercase letters. In the same row, values with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as Table 4.

chinaXiv:201812.00816v1

2.2 饲料加工工艺对饲料颗粒质量的影响

饲料加工工艺对饲料颗粒质量的影响见表 4。由表可知，肉鸡生长前期、后期饲粮 ET 工艺颗粒硬度、淀粉糊化度和颗粒耐久性显著高于 OT 工艺（*P*<0.05）。

表 4 饲料加工工艺对饲料质量的影响

Table 4 Effects of feed processing technology on feed quality

项目 Items	普通调质制粒 OT	大料高温调质低温制粒 ET
前期 Earlier period		
硬度 Hardness/g	2 387.98±516.49[a]	3 616.55±871.74[b]
淀粉糊化度 Starch gelatinization degree/%	21.06±2.42[a]	33.77±0.60[b]
颗粒耐久性 PDI/%	89.64±1.27[a]	94.83±0.62[b]
后期 Later period		
硬度 Hardness/g	1 424.64±430.50[a]	1 961.12±739.39[b]
淀粉糊化度 Starch gelatinization degree/%	22.61±3.73[a]	35.59±1.30[b]
颗粒耐久性 PDI/%	80.27±0.82[a]	87.17±0.63[b]

2.3 饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡生长性能的影响

饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡生长性能的影响见表 5。在 OT 工艺条件下，金霉素与复合微生态制剂的添加量对肉鸡生长性能的影响差异不显著（*P*>0.05）；在 ET 工艺条件下，肉鸡生长前期 5 组末重与 ADG 显著高于 7 组和 8 组（*P*<0.05），其他指标差异不显著（*P*>0.05）。金霉素与复合微生态制剂添加量为 0 和 0 时，2 种加工工艺对肉鸡生长性能的影响差异不显著（*P*>0.05）。不考虑金霉素与复合微生态制剂添加量，肉鸡生长前期末重、ADG 和 ADFI 平均值 OT 组显著高于 ET 组(*P*<0.05)，F/G 平均值显著低于 ET 组(*P*<0.05)；肉鸡生长后期末重平均值 OT 组显著高于 ET 组（*P*<0.05），ADG、ADFI 和 F/G 平均值 2 种工艺间无显著性差异（*P*>0.05）；肉鸡生长全期 OT 组 ADG、ADFI 平均值显著高于 ET 组（*P*<0.05），F/G 平均值 2 种工艺间无显著性差异（*P*>0.05）。

由多因素方差分析可得，加工工艺对肉鸡生长前期生长性能、后期末重与 ADFI、全期 ADG 与 ADFI 有极显著或显著影响（*P*<0.01 或 *P*<0.05），对其他指标无显著影响（*P*>0.05）；金霉素与复合微生态制剂的添加量对肉鸡生长前期末重、ADG 和 ADFI 有极显著影响（*P*<0.01），对生长前期 F/G、生长后期与全期生长性能无显著影响（*P*>0.05）；加工工艺

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

与添加量交互作用对肉鸡生长前期末重、ADG、F/G 以及生长后期 ADFI 有极显著或显著影响（P<0.01 或 P<0.05），对其他生长性能指标无显著影响（P>0.05)。

表 5 饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡生长性能的影响

Table 5 Effects of feed processing technology and compound probiotics on growth performance of broilers

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00816v1

加工工艺 Processing Technology	组别 Groups	前期 Earlier period				后期 Later period				全期 Full period		
		末重 Final body weight/g	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G	末重 Final body weight/g	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G
普通调质制粒 OT	1	0.90±0.04^{b}	40.69±1.76^{b}	53.25±1.47^{c}	1.31±0.04^{ab}	2.23±0.12^{ab}	63.00±5.08	124.14±9.75^{b}	1.97±0.05	51.85±2.63^{ab}	88.69±4.97^{c}	1.71±0.03
	2	0.91±0.02^{b}	40.84±1.03^{b}	52.23±0.87^{bc}	1.28±0.04^{a}	2.23±0.12^{ab}	63.78±5.24	117.38±6.05^{ab}	1.85±0.15	52.31±2.69^{ab}	84.81±2.93^{abc}	1.64±0.08
	3	0.90±0.06^{b}	40.57±2.94^{b}	52.58±2.50^{bc}	1.30±0.03^{ab}	2.28±0.15^{b}	65.89±4.13	121.29±3.58^{ab}	1.85±0.10	53.23±3.50^{b}	86.93±2.49^{bc}	1.63±0.08
	4	0.90±0.04^{b}	40.53±1.79^{b}	51.91±1.23^{bc}	1.28±0.03^{a}	2.15±0.19^{ab}	59.51±3.01	119.19±7.95^{ab}	2.02±0.20	50.02±4.42^{ab}	85.55±4.20^{abc}	1.72±0.11
	平均值 Mean	0.90±0.04^{b}	40.64±1.76^{b}	52.49±1.57^{b}	1.29±0.03^{a}	2.23±0.14^{b}	63.05±5.59	120.50±7.04^{ab}	1.92±0.15	51.85±3.36^{b}	86.50±3.75^{b}	1.68±0.08
大料高温调质低温制粒 ET	5	0.90±0.04^{b}	40.78±1.79^{b}	52.44±2.25^{bc}	1.30±0.05^{ab}	2.14±0.17^{ab}	59.07±6.33	124.03±2.26^{ab}	1.95±0.19	49.78±4.02^{ab}	83.24±1.35^{ab}	1.68±0.11
	6	0.86±0.03^{ab}	38.81±1.57^{ab}	50.43±0.78^{ab}	1.30±0.04^{ab}	2.20±0.13^{ab}	63.44±5.42	120.20±5.97^{ab}	1.90±0.12	51.12±3.01^{ab}	85.31±2.90^{abc}	1.67±0.07
	7	0.82±0.04^{a}	36.83±1.87^{a}	49.11±2.13^{a}	1.33±0.02^{b}	2.12±0.07^{ab}	61.97±2.48	116.84±6.96^{ab}	1.89±0.07	49.40±1.68^{ab}	82.97±4.12^{ab}	1.68±0.04
	8	0.81±0.04^{a}	36.48±2.06^{a}	48.94±2.54^{a}	1.34±0.04^{b}	2.09±0.09^{a}	60.62±3.44	114.58±9.53^{a}	1.89±0.17	48.55±2.03^{a}	81.76±4.86^{a}	1.69±0.09
	平均值 Mean	0.85±0.05^{a}	38.15±2.32^{a}	50.23±2.33^{a}	1.32±0.04^{b}	2.14±0.12^{a}	61.26±4.57	116.42±6.59^{ab}	1.90±0.14	49.71±7.75^{a}	83.32±3.50^{a}	1.67±0.07
2x3 双因素方差分析 *P* 值 2x3 two-way ANOVA *P*-value												
加工工艺 Processing technology		<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.007 6	0.007 6	0.194 2	0.007 6	0.696 0	0.007 8	0.005 7	0.775 6

添加量 Supplemental level	0.001 8	0.001 2	0.000 9	0.202 1	0.137 6	0.137 3	0.202 1	0.133 8	0.135 8	0.513 0	0.171 2
加工工艺×添加量 Processing technology×supplemental level	0.005 6	0.002 9	0.104 9	0.043 0	0.594 8	0.445 3	0.043 0	0.285 4	0.611 5	0.253 4	0.325 0

1

chinaXiv:201812.00816v1

同列数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著(P>0.05)，不同字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same column, values with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.4 饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响

饲料加工工艺与复合微生态制剂对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响见表 6。由表可知，在 OT 工艺条件下，金霉素与复合微生态制剂的添加量对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响差异不显著（P>0.05）；在 ET 工艺条件下，金霉素与复合微生态制剂的添加量对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响差异也不显著（P>0.05）。金霉素与复合微生态制剂添加量为 0 和 0 时，2 种加工工艺对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响差异不显著（P>0.05）。不考虑金霉素与复合微生态制剂添加量，2 种加工工艺对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量平均值的影响差异不显著（P>0.05），其中 ET 组效果好于 OT 组。

由多因素方差分析可得，加工工艺、添加量以及加工工艺与添加量的交互作用对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量无显著影响（P>0.05）。

表 6 饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响

Table 6 Effects of feed processing technology and compound probiotics on immune organ indices and microorganism counts in cecum of broilers

加工工艺 Processing Technology	组别 Groups	脾脏指数 Spleen index/%	法氏囊指数 Bursa of Fabricius index/%	大肠杆菌 *Escherichia coli* /[lg(CFU/g)]	沙门氏菌 *Salmonella*/[lg(CFU/g)]	乳酸菌 Lactic acid bacteria/[lg(CFU/g)]
普通	1	0.15±0.05	0.07±0.01	6.84±1.03	6.59±1.30	7.32±1.28
调质	2	0.13±0.04	0.07±0.01	7.14±0.85	7.02±0.78	7.68±0.55
制粒	3	0.13±0.06	0.07±0.02	6.35±0.88	6.47±0.53	7.85±0.40
OT	4	0.16±0.04	0.07±0.01	6.82±1.29	6.79±1.41	7.87±0.81
	平均值 Mean	0.15±0.04	0.07±0.02	6.78±0.98	6.71±1.27	7.70±0.80

chinaXiv:201812.00816v1

大料高温调质低温制粒ET	5	0.16±0.05	0.07±0.01	7.09±0.94	6.73±1.16	7.88±0.80
	6	0.17±0.02	0.07±0.01	6.85±1.02	6.71±0.76	8.29±0.23
	7	0.16±0.08	0.08±0.04	6.32±0.93	6.10±0.96	8.31±0.70
	8	0.18±0.06	0.07±0.01	6.78±0.42	6.78±0.20	7.89±0.73
	平均值 Mean	0.17±0.05	0.07±0.02	6.77±0.85	6.62±1.15	8.09±0.61
2x3 双因素方差分析 *P* 值 2x3 two-way ANOVA *P*-value						
加工工艺 Processing technology		0.097 9	0.611 2	0.956 2	0.725 0	0.091 7
添加量 Supplemental level		0.655 0	0.865 2	0.262 3	0.364 4	0.544 5
加工工艺×添加量 Processing technology×supplemental level		0.480 7	0.111 0	0.886 2	0.730 8	0.647 2

2.5 饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡血浆生化指标的影响

饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡血浆生化指标的影响见表 7。由表可知，在 OT 工艺条件下，金霉素与复合微生态制剂的添加量对血浆生化指标的影响差异不显著（*P*>0.05）；在 ET 工艺条件下，金霉素与复合微生态制剂的添加量对血浆生化指标的影响差异也不显著（*P*>0.05）。金霉素与复合微生态制剂添加量为 0/0 时，2 种加工工艺对血浆生化指标的影响差异不显著（*P*>0.05）。不考虑金霉素与复合微生态制剂添加量，2 种加工工艺对血浆生化指标平均值的影响差异不显著（*P*>0.05）。

由多因素方差分析可得，加工工艺、添加量以及加工工艺与添加量的交互作用对肉鸡血浆生化指标的影响差异不显著（*P*>0.05）。

表 7 饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡血浆生化指标的影响

Table 7 Effects of feed processing technology and compound probiotics on plasma biochemical indices of broilers

加工工艺 Processing Technology	组别 Groups	总蛋白 TP/（g/L）	白蛋白 ALB/（g/L）	球蛋白 GLB/（g/L）	白球比 A/G ratio
普通调质制粒 OT	1	25.42±2.90[a]	11.88±0.90[a]	13.54±2.67[ab]	0.91±0.20
	2	26.66±0.88[ab]	12.12±0.80[a]	14.84±1.15[ab]	0.82±0.11

chinaXiv:201812.00816v1

	3	28.24±4.04[ab]	12.64±1.38[ab]	15.60±3.72[ab]	0.85±0.22
	4	24.78±2.83[a]	12.08±0.56[a]	12.70±2.38[a]	0.98±0.18
	平均值 Mean	26.97±3.20[ab]	12.43±1.06 [ab]	14.54±2.47[ab]	0.85±0.15
大料高温调	5	27.50±4.61[ab]	12.39±0.93[ab]	15.12±4.33[ab]	0.87±0.21
质低温制粒	6	26.57±3.24[ab]	12.40±1.37[ab]	14.17±2.14[ab]	0.88±0.09
ET	7	30.72±2.54[b]	13.66±1.11[b]	17.06±1.51[b]	0.80±0.03
	8	27.57±3.53[ab]	12.80±1.43[ab]	14.77±2.69[ab]	0.89±0.15
	平均值 Mean	27.47±3.60[ab]	12.55±1.19[ab]	14.92±3.09[ab]	0.84±0.16
2x3 双因素方差分析 *P* 值 2x3 two-way ANOVA *P*-value					
加工工艺 Processing technology		0.589 8	0.702 4	0.630 0	0.912 5
添加量 Supplemental level		0.055 4	0.111 1	0.136 0	0.465 1
加工工艺×添加量 Processing technology×supplemental level		0.177 5	0.210 1	0.340 3	0.636 8

chinaXiv:201812.00816v1

3 讨 论

3.1 饲料加工工艺对复合微生态制剂活性的影响

复合微生态制剂已被作为家禽、猪和反刍动物饲料中的替代生长促进剂，提高生长速度、免疫力与饲料转化率[10]。然而复合微生态制剂的使用还受很多因素的制约，其在饲料加工和运输过程中易受环境条件的影响而失活。郝生宏等[11]研究枯草芽孢杆菌 60 ℃处理 12 min 死亡率为 1.4%，70 ℃处理 10 min 死亡率为 21.8%，80 ℃处理 5 min 处理死亡率为 21.1%；刘超齐等[12]研究当温度在 70~80 ℃时枯草芽孢杆菌存活率降低 10%~29%，地衣芽孢杆菌 80 ℃损失率低于 50%，乳酸菌损失较大，益生菌的耐高温顺序依次为枯草芽孢杆菌＞地衣芽孢杆菌＞乳酸链球菌。本试验研究表明饲料经调质、制粒后 ET 组与 OT 组相比可以提高活菌的存活率，这是由于 OT 调质温度为 80 ℃，微生态试剂经过高温处理后部分失活，而 ET 是将不包含复合微生态制剂的大料混合先经温度为 85 ℃以上调质处理，冷却后再与微生态制剂混合后低温制粒成型，低温制粒调质温度为 60 ℃，这就有效地保留了微生态制剂的活性。

3.2 饲料加工工艺对饲料颗粒质量的影响

随着饲料配方的逐渐完善，饲料加工工艺对饲料质量有重要的影响。孙杰[13]研究大料膨胀低温制粒组的颗粒耐久性、淀粉糊化度与硬度显著高于普通制粒组。本试验研究表明肉鸡

生长前期、后期饲料制粒后 ET 组硬度、淀粉糊化度和颗粒耐久性显著高于 OT 组，这是由于 ET 组大料经过 85 ℃以上的调质温度，使大料充分糊化，增加其糊化度，促使物料淀粉由紧密的β-淀粉转化为糊化的α-淀粉，蛋白变性从而增加物料黏合性，并且经过低温制粒后物料粘合更加紧密，因此硬度与颗粒耐久性较 OT 组更高[13-16]。

3.3　饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡生长性能的影响

复合微生态制剂自身具有促进动物生长，提高免疫力等功能。王虹玲等[17]研究报道添加 0.2%的复合微生态制剂和添加 2.5%的黄氏多糖有助于改善肉鸡的 ADG 与 F/G。郝生宏等[18]研究添加益生菌的试验组与对照组相比，在第 1 周和第 2 周，生长性能出现不同程度下降，但第 3 周有所改观。陈家祥等[19]发现添加 50 mg/kg 地衣芽胞杆菌组生长性能比对照组有所提高，但添加 200 mg/kg 地衣芽抱杆菌组肉鸡 28 日龄时 F/G 反而有所上升。本试验结果表明复合微生态制剂在促进肉鸡生长性能方面效果并不显著，这可能是由于肉鸡生长前期添加微生态制剂，微生态制剂诱导肉雏鸡产生比较强烈的免疫反应，而免疫应激导致生长性能改善不显著。同时，王昊等[20]研究表明从总体生长性能来看，仅 ADFI 在添加 16.92%膨化玉米组中显著高于添加 5.64%膨化玉米组，其他生长性能指标各组之间没有显著差异，饲料淀粉糊化度的提高对肉鸡生长性能无显著影响。本试验研究表明，OT 组肉鸡生长性能优于 ET 组，这与王昊等[20]研究不一致。这可能是由于肉鸡自身特殊的生理特点，饲料淀粉糊化度升高，易于消化，食糜排空速度快，在体内营养吸收时间较短，从而不能使生长性能有所提升。

3.4　饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡免疫器官指数和盲肠微生物数量的影响

免疫器官包括中枢免疫器官和外周免疫器官。脾脏是禽类最大的外周免疫器官，参与全身的细胞免疫和体液免疫应答；法氏囊是禽类特有的体液免疫中枢器官，B 细胞分化发育的主要场所。中枢和外周免疫器官免疫功能的强弱决定禽类全身的免疫水平，免疫器官指数大小反映免疫系统成熟的快慢与机体免疫功能的强弱[21]。程相朝等[22]研究发现中药免疫增强剂组法氏囊和脾脏等免疫器官指数高于空白对照组；王媚等[23]研究 35 日龄时，饲粮添加微生态制剂的试验组法氏囊指数和脾脏指数分别比对照组提高了 40.12%和 19.30%。由此可见微生态制剂可提升机体的免疫功能。徐海燕等[24]发现肉鸡 33 日龄时，饲喂倍利素的试验组脾脏指数比对照组提高 55.1%，差异显著；26 日龄时，试验组法氏囊指数比对照组提高 65.7%，差异显著。本试验研究发现，肉鸡脾脏指数各组间差异不显著，其中在相同加工工艺条件下，金霉素和复合微生态制剂添加量为 0 和 200 mg/kg 时肉鸡脾脏指数最高，这也说明了添加复

chinaXiv:201812.00816v1

合微生态制剂对可一定程度提升肉鸡免疫能力；2 种加工工艺对肉鸡免疫器官指数影响差异不显著，其中 ET 组效果略好于 OT 组，原因可能是由于 ET 工艺可以提高菌种保留率，从而提高免疫能力。

元娜等[25]研究表明，在基础饲粮中添加 1.5 g/kg 复合微生态制剂，每克盲肠内容物中大肠杆菌数量较对照组降低 37.51%，乳酸菌数量较对照组提高 1.92%。胡顺珍等[3]研究表明，添加 2.0%复合微生态制剂 A 和 0.5%复合微生态制剂佐剂 B 时，肉鸡盲肠乳酸菌数量显著高于对照组，大肠杆菌数量显著低于对照组。本试验中，在相同加工工艺条件下，金霉素和复合微生态制剂添加量为 300 和 200 mg/kg 组大肠杆菌和沙门氏菌数量最低，乳酸菌数量最高，这可能是由于抗生素自身也具有抑制肠道内有害菌调节肠道菌群的作用[26]，在合理添加量内与微生态试剂合用，免疫效果更好；2 种加工工艺对肠道维生素数量影响差异不显著，其中 ET 组效果略好于 OT 组，这可能是由于 ET 组与 OT 组相比菌种活性略高，复合微生态制剂中芽孢杆菌可为乳酸菌生长创造厌氧环境，降低肠道内氧化还原电势，抑制大肠杆菌与布氏杆菌等有害微生物的生长，调节肠道微生态平衡，从而起到抗菌防病的作用[27]。

3.5　饲料加工工艺和复合微生态制剂对肉鸡血浆生化指标的影响

血清中总蛋白、白蛋白与球蛋白可以反映动物机体的免疫功能状态，血清中总蛋白反映了饲粮中粗蛋白质的消化利用率，其含量为白蛋白与球蛋白的总和。血清总蛋白及白蛋白含量的升高是蛋白质旺盛的表现，表明氨基酸、蛋白质的吸收利用率提高，机体肝脏的蛋白质合成代谢及组织蛋白质的沉积作用增强，进而提高动物生产性能；血清球蛋白由浆细胞分泌，可以反映动物机体的抵抗力水平。白球比反映脾脏的功能状况，同时也是衡量机体免疫水平的一项指标[28-29]。白球比值的下降说明机体特异性免疫应答水平提升，抗病力在增强。Abdulrahim 等[30]研究表明，益生菌具有提高血清中总蛋白、白蛋白和球蛋白含量的功能；陈静等[31]试验结果显示，2.0%的复合微生态制剂显著增加了 14、21、28 和 35 日龄肉鸡血清总蛋白含量；谢为天等[32]研究表明复合微生态制剂能使试验鸡血清总蛋白含量上升，且白蛋白和球蛋白含量都有所增加，白球比值下降。本试验研究表明，在相同加工工艺条件下，金霉素和复合微生态制剂添加量为 300 和 200 mg/kg 组效果稍好，这可能是由于复合微生态试剂与适量抗生素两者可使动物体内氨基酸代谢旺盛，蛋白质分解代谢下降，合成代谢加强，有利于蛋白质在体内的蓄积[28-30]；2 种加工工艺对肉鸡血浆生化指标的影响差异不显著，其

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

中 ET 组效果稍好于 OT 组，这可能是由于 ET 组与 OT 组相比提高了饲料中微生态制剂的存活率。

4 结 论

①ET 工艺与 OT 工艺相比显著提高了饲料中枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌和包被乳酸菌的存活率，显著提高了颗粒饲料的淀粉糊化度。

②ET 工艺与 OT 工艺相比，肉鸡生长性能有所降低，饲料淀粉糊化度升高不能使生长性能有所提升。

③ 相同加工工艺条件下，金霉素和复合微生态制剂的添加量对肉鸡生长性能、免疫器官指数、肠道微生物数量以及血浆生化指标的影响差异不显著。

参考文献：

[1] 何利强.浅谈畜牧业中抗生素的危害与控制[J].中国动物检疫,2010,27(4):11–12.

[2] 谢全喜,崔诗法,徐海燕,等.复合微生态制剂与饲用抗生素对肉鸡生长性能、免疫性能和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(7):1336–1344.

[3] 胡顺珍,张建梅,谢全喜,等.复合微生态制剂对肉鸡生产性能、肠道菌群、抗氧化指标和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2012,24(2):334–341.

[4] NEWBOLD C J,WALLACE R J, MCLNTOSH FM. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants[J].British Journal of Nutrition,1996,76(2):249–261.

[5]王超.加工工艺对微生态制剂的影响及微生态制剂应用效果研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2008.

[6]李鑫,李杰,张德晓,等.饲料加工和贮存过程对益生菌活性的影响[J].中国饲料,2011(7):37–40.

[7] 顾君华,胡广东.饲料检验化验员[M].北京:中国农业出版社,2010:89–90.

[8] 韩广振.颗粒饲料耐久性指数测试仪及其在饲料品质检测中的应用[J].饲料与畜牧（新饲料）,2011(3):26–30.

[9] 熊易强.饲料淀粉糊化度(熟化度)的测定[J].饲料工业,2000,21(3):30–31.

[10] OSO A O,IDOWU O M O,HAASTRUP A S,et al.Growth performance,apparent nutrient digestibility,caecal fermentation,ileal morphology and caecal microflora of growing rabbits fed diets containing probiotics and prebiotics[J].Livestock Science,2013,157(1):184–190.

[11] 郝生宏,谷春涛,萨仁娜,等.高温处理对三种益生菌的影响[J].饲料工业,2004,25(6):27–28.

chinaXiv:201812.00816v1

[12] 刘超齐,王平,常娟,等.益生菌对温度、pH 及抗生素耐受性的研究[J].饲料研究,2016(12):19–25.

[13] 孙杰.断奶仔猪颗粒料加工工艺比较研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.

[14] 张现玲.调质温度、粉碎粒度对肉鸡颗粒饲料质量及利用率的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013:5–12.

[15] 段海涛,李军国,葛春雨,等.高效调质低温制粒工艺对颗粒饲料加工质量及维生素 E 保留率的影响[J].动物营养学报,2017,29(11):4101–4107.

[16] 胡彦茹.不同调质温度对颗粒饲料质量和肉鸡生产性能的影响[D].硕士学位论文.南昌:江西农业大学,2011.

[17] 王虹玲,刘丹丹,姜诗文,等.复合微生态制剂与黄芪多糖对肉鸡生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响[J].饲料工业,2014,35(6):10–14.

[18] 郝生宏.益生菌制粒后活性及其对肉仔鸡生产性能、血液生化指标和肠道微生物的影响[D].硕士学位论文.太谷:山西农业大学,2004.

[19] 陈家祥,张仁义,王全溪,等.地衣芽孢杆菌对肉鸡生长性能、抗氧化指标和血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2010,22(4):1019–1023.

[20] 王昊,于纪宾,于治芹,等.饲料淀粉糊化度对肉鸡生长性能及蛋白质体外消化率的影响[J].饲料工业,2017,38(6):35–40.

[21] 马春全.益生菌制剂的研制及其对雏鸡免疫学影响和机理的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2004.

[22] 程相朝,张春杰,李银聚,等.中药免疫增强剂对肉仔鸡免疫器官生长发育及免疫活性细胞影响的研究[J].中兽医学杂志,2002(3):6–8.

[23] 王媚,张建民,聂荷敏,等.微生态制剂对雏鸡生长性能、免疫功能及肠道黏膜的影响[J].中国兽医学报,2017,37(9):1785–1789.

[24] 徐海燕,辛国民,王红,等.复合微生态制剂对肉鸡生长性能和免疫性能的影响[J].畜牧与饲料科学,2013,34(4):45–48,51.

[25] 元娜,陈奇,刘从敏,等.复合微生态制剂对蛋种鸡舍内氨气浓度、养分吸收率及肠道菌群的影响[J].饲料工业,2010,31(20):42–44.

[26] 佟建明,高星,萨仁娜.金霉素对肉仔鸡生长及肠道微生物繁殖的影响[J].中国饲料,1998(17):10–11.

[27] 顾金,周维仁,闫俊书,等.微生态制剂对鸡肠道菌群调控的研究[J].饲料研究,2010(1):16–18.

chinaXiv:201812.00816v1

ChinaXiv合作期刊

[28] 林谦,戴求仲,宾石玉,等.益生菌与酶制剂对黄羽肉鸡血液生化指标和免疫性能影响的协同效应研究[J].饲料工业,2012,33(14):31–36.

[29] 韩亚超,何永高,张新红,等.中草药复合微生态制剂对断奶仔猪生长性能指标和血液生化指标的影响[J].江苏农业科学,2014,42(8):218–221.

[30] ABDULRAHIM S M,HADDADIN M S Y,HASHLAMOUN E A R,et al.The influence of *lactobacillus acidophilus* and bacitracin on layer performance of chickens and cholesterol content of plasma and egg yolk[J].British Poultry Science,1996,37(2):341–346.

[31] 陈静,谢全喜,刘乃芝,等.复合微生态制剂与饲用抗生素对肉鸡血清生化指标和肠道酶活性的影响[J].畜牧与饲料科学,2012,33(3):15–18.

[32] 谢为天,钟日聪,徐春厚.复合微生态制剂对肉仔鸡血清生化指标和十二指肠组织形态的影响[J].中国畜牧兽医,2010,37(8):13–17.

chinaXiv:201812.00816v1

Effects of Feed Processing Technology and Compound Probiotics on Growth Performance and Immune Function of Broilers

GE Chunyu[1,2] LI Junguo[1,3] DUAN Haitao[1,2] YANG Jie[1,3] HAN Qing[1,3] ZHANG Jiaqi[1,3] QIN Yuchang[4*]

(1. *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081*, China;* 2. *Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China;* 3. *The Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China;* 4. *Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing* 100193*, China)*

Abstract: This study was conducted to evaluate the effects of different feed processing technologies on microbial survival rate of the compound probiotics and pellet feed processing quality, meanwhile to explorer the effects of feed processing technology and compound probiotics on growth performance and immune function of broilers. Eight hundred and sixty-four 1-day-old white feather Arbor Acres (AA) broilers were randomly divided into 6 groups with 8 replicates per group and 18 boilers per replicate. The experiment lasted for 42 days. The broilers' diets were processed by two kinds of processing technologies which were ordinary conditioning and pelleted feed processing technology (OT) and efficient conditioning at high temperature for feed

ingredients and pelleted at low temperature feed processing technology (ET). Each processing technology was set 4 treatments of the addition of chlortetracycline and compound probiotics as 0 and 0 mg/kg (0/0 group), 600 and 0 mg/kg (600/0 group), 300 and 200 mg/kg (300/200 group), and 0 and 200 mg/kg (0/200 group), respectively. The results showed as follows: 1) in the feed processing quality, the effects of ET on the microbial survival rate of the compound probiotics in broiler diets were significantly higher than that of OT (P<0.05). 2) In the growth performance of broilers, under the condition of OT, the addition of chlortetracycline and compound probiotics had no significantly different effects on the growth performance of broilers (P>0.05); and under the condition of ET, in early period, the final weight and average daily gain of broilers in 0/0 group were significantly higher than those in 300/200 group and 0/200 group (P<0.05). Regardless of the addition of chlortetracycline and compound probiotics, the growth performance of broilers in OT group was significantly higher than that in ET group (P<0.05). 3) In the immune function of broilers, there were no significant differences in the immune organ indices and intestine microorganism counts of broilers among groups (P>0.05). 4) In the plasma biochemical indices of broilers, under the same condition of feed processing technology, the addition of chlortetracycline and compound probiotics had no significantly different effects on plasma biochemical indices (P>0.05); regardless of the addition of chlortetracycline and compound probiotics, the two kinds of processing technologies had no significantly different effects on plasma biochemical indices (P>0.05). In conclusion, compared with OT, ET can significantly improve the survival rates of *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* and coated lactic acid bacteria, and significantly increase the starch gelatinization of pelleted feed. Compared with OT, ET make the growth performance of broilers decreased, the increasing of starch gelatinization has no positive effects on growth performance. Under the same condition of feed processing technology, the effects of the addition of chlortetracycline and compound probiotics on the growth performance, immune organ indices, intestine microorganism counts and plasma biochemical indices of broilers were not significantly different.

Key words: compound probiotics; broilers; growth performance; immune function; plasma biochemical indices

chinaXiv:201812.00816v1

*Corresponding author, professor, E-mail: qinyuchang@caas.cn　　（责任编辑　田艳明）

chinaXiv:201812.00816v1